

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09160042 A

(43) Date of publication of application: 20.06.97

(51) Int. Cl.

G02F 1/1337

G02F 1/1343

(21) Application number: 07320300

(22) Date of filing: 08.12.95

(71) Applicant: TOSHIBA CORP

(72) Inventor:  
HISATAKE YUZO  
OYAMA TAKESHI  
SHOBARA KIYOSHI  
HADO HITOSHI  
SATOU MAKIKO

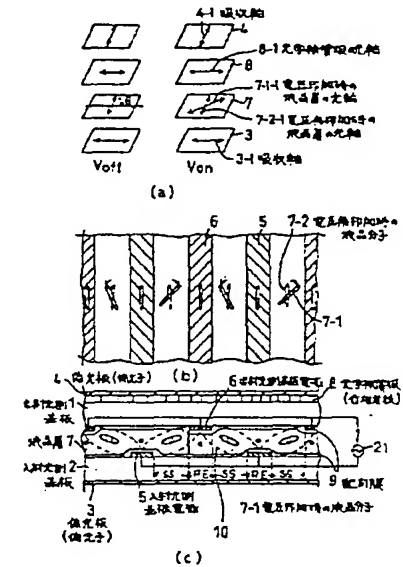
## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a display element having a wide visibility angle, high transmissivity, high speed response, and excellent color reproducibility

**SOLUTION:** This element is composed of a liquid crystal cell formed by holding a liquid crystal layer 7 between two oppositely arranged substrates 1, 2 respectively having two polarizing plates 3, 4 and electrodes 5, 6 forming plural opposite pixels between the plates 3, 4. The electrodes 5, 6 of both the substrates 1, 2 are arranged in parallel so as to be formed by thin conductor parts 5-3 to 6-3 and non-conductor parts 5-2 to 6-2 formed between the conductor parts 5-2 to 6-2 in each pixel. When the width of the non-conductor parts 5-3 to 6-3 is set up wider than that of the conductor parts 5-2 to 6-2 and both the substrates 1, 2 are combined, the conductor parts of one electrode are opposed to the non-conductor parts of the other electrode and oblique electric fields are impressed to the layer 7.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



556  
A

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 1 6 0 0 4 2

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 6 月 20 日

(51) Int. Cl. °	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1337	5 0 5	G 0 2 F	1/1337 5 0 5
	1/1343			1/1343

審査請求 未請求 請求項の数 1 3 O L (全 1 8 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 3 2 0 3 0 0

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 12 月 8 日

液晶表示装置 / 液晶補償板 / 液晶 / 偏光板

液晶表示装置 応答速度 記憶特性

表示輝度の改善

(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町 72 番地

(72) 発明者 久武 雄三  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 大山 毅  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 庄原 深  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 弁理士 大胡 典夫

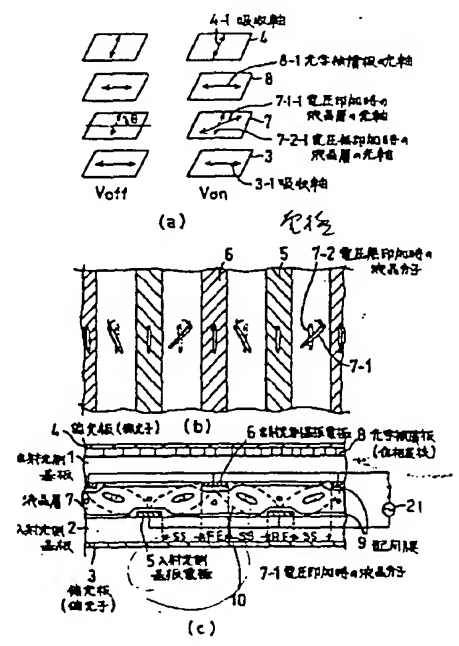
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示素子

(57) 【要約】

【課題】 視角特性、応答速度、駆動電圧（消費電力）、表示輝度、温度特性を改善した液晶表示素子を得る。

【解決手段】 2 枚の偏光板 3、4 とこの間に対向して複数の画素を形成する電極 5、6 をそれぞれ有する 2 枚の基板 1、2 を対向させて液晶層 7 を挟持してなる液晶セルを有する液晶表示素子に関する。両基板の電極を画素毎に細い導電体部とその間の非導電体部から形成されるように並置する。非導電体部の幅を導電体部の幅よりも大きくして、両基板を組み合わせたときに、一方の電極の導電体部が他方の電極の非導電体部に対向するようにして、液晶層に斜め電界を印加できる構造としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 枚の偏光板間に対向して複数の画素を形成する電極をそれぞれ有する 2 枚の基板間に液晶層を挟持してなる液晶表示素子において、前記両基板の電極が画素毎に、微細な領域を単位とした導電体部と非導電体部からなり、前記両基板電極の素子法線方向での断面形状を見た時、一方の基板のみに導電体部を有する幅 R E、及び他方の基板のみに導電体部を有する幅 F E、両基板とも非導電体部である幅 S S が順に、  
 R E・S S・F E・S S・R E・S S・F E・S S・…  
 …と S S を挟んで R E と F E が交互に配置される断面形状となっており、かつ少なくとも各画素毎に R E、F E それぞれが画素のどこかで電気的に一つにつながった電極構造からなり、前記液晶層に斜め電界を印加できる構造としたことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項 2】 前記電極の少なくとも一部が I T O、S n O x などからなる透明電極であることを特徴とする請求項 1 の液晶表示素子。

【請求項 3】 前記液晶層が正の誘電異方性からなるネマティック液晶組成物からなり、前記ネマティック液晶組成物は、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において、液晶表示素子平面と略平行かつ、液晶表示素子平面での方位が一様である分子配列であり、隣接する前記 F E、R E 間に印加できる斜め電界の液晶表示素子平面での方位（スカラー E）と液晶分子の液晶表示素子平面での方位（スカラー L C）のなす角  $\theta$  が、 $45^\circ$  乃至  $90^\circ$  であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の液晶表示素子。

【請求項 4】 前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が、 $45^\circ$  乃至  $60^\circ$  であることを特徴とする請求項 3 記載の液晶表示素子。

【請求項 5】 前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が、 $80^\circ$  乃至  $90^\circ$  の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、チルトを有するユニフォーム配列であり、前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が、 $45^\circ$  乃至  $80^\circ$  未満の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、スプレイ配列もしくはチルトを有さない（前記液晶表示素子平面に平行である）ユニフォーム配列からなり、前記電極構造により得られる斜め電界及び前記液晶分子配列により、前記液晶表示素子に電圧を印加した状態における液晶分子の振じれ方向が規定されことを特徴とする請求項 4 記載の液晶表示素子。

【請求項 6】 前記液晶層が負の誘電異方性からなるネマティック液晶組成物からなり、前記ネマティック液晶組成物は、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において、液晶表示素子平面と略平行かつ、液晶表示素子平面での方位が一様である分子配列であり、隣接する前記 F E、R E 間に印加できる斜め電界の液晶表示素子平面での方位（スカラー E）と液晶分子の液晶表示素子平

面での方位（スカラー L C）のなす角  $\theta$  が、 $0^\circ$  乃至  $45^\circ$  であることを特徴とする請求項 1 または、2 記載の液晶表示素子。

【請求項 7】 前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が、 $30^\circ$  乃至  $45^\circ$  であることを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示素子。

【請求項 8】 前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が、 $0^\circ$  乃至  $10^\circ$  未満の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、スプレイ配列もしくはチルトを有さない（前記液晶表示素子平面に平行である）ユニフォーム配列からなり、前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が、 $10^\circ$  乃至  $45^\circ$  の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、チルトを有するユニフォーム配列であり、前記電極構造により得られる斜め電界及び前記液晶分子配列により、前記液晶表示素子に電圧を印加した状態における液晶分子の振じれ方向が規定されことを特徴とする請求項 1、2、6 及び 7 記載の液晶表示素子。

【請求項 9】 前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が  $45^\circ$  乃至  $80^\circ$  未満の時、

もしくは請求項 6 の液晶表示素子であり、前記スカラー E とスカラー L C のなす角  $\theta$  が  $0^\circ$  乃至  $10^\circ$  未満の時、

前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、チルトを有するユニフォーム配列であり、

前記液晶分子のチルト方位が、前記斜め電界の方位毎に異なるよう少なくとも 2 種の方位からなる配向分割がなされていることを特徴とする請求項 1、2、3、及び 6 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 10】 前記液晶層により生ずる位相差の波長依存性を解消するように前記偏光板間に位相差板、光学補償板もしくはこれらの機能を得る膜を加えた構造からなることを特徴とした請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 11】 前記 2 枚の偏光板は、その吸収軸が直交するよう配置されており、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子の液晶表示素子平面での配列方位が、前記 2 枚の偏光板の一方の吸収軸と平行に配置されていることを特徴とした請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 12】 少なくとも一方の基板がスイッチング素子を有するアクティブマトリクス基板であることを特徴とした請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項 13】 少なくとも一方の基板にカラーフィルターを有することを特徴とした請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、薄型軽量、低消費電力という大きな利点を持つ液晶表示素子は、日本語ワードプロセッサやデスクトップパーソナルコンピュータ等のパーソナルOA機器の表示装置として積極的に用いられている。液晶表示素子（以下LCDと略称）の殆どは、ネマティック液晶を用いており、表示方式としては、複屈折モードと旋光モードの2つの方式に大別できる。据じれネマティック液晶を用いた複屈折モードの表示方式のLCDは、例えば、 $180^\circ$ 以上据じれた分子配列からなるLCD（ST方式と呼ばれる）であり、急峻な電気光学特性を持つため、各画素ごとにスイッチング素子（薄膜トランジスタやダイオード）が無くても時分割駆動により容易に大容量表示が得られる。

【0003】しかしながら前述したST方式は応答そくどが数百ミリ秒と遅く、また視角特性も狭いので高い表示性能を必要とする応用製品には適さない。

【0004】一方、旋光モードのLCDは $90^\circ$ 据じれた分子配列をもち（TN方式と呼ばれる）、高いコントラスト比を示すことから、時計や電卓、さらにはスイッチング素子を各画素ごとに設けることにより大表示容量で高コントラストな高い表示性能を持ったLCD（たとえばTFT-LCD）を実現することができる。

【0005】近年、このTN方式のTFT-LCDは階調表示を行っているが、斜めから観察した場合には表示の反転や黒つぶれ、白抜けといった現象が生じる。よって、視角特性は極めて狭い。また、このTN方式のTFT-LCDは高品位化に伴い、デスクトップモニタ等大型でかつ極めて高精細な応用製品にも用いられるようになった。こうした分野や、高品位のTV用途に適用する場合、極めて早い応答速度が必要になるが、前記TN方式は階調表示を行った場合、パターン書き替えに要する応答時間は最大100ミリ秒と遅い。

【0006】また、このTN方式は高いコントラスト特性を得るには、動作電圧が4～5V必要であり、消費電力は高い。

【0007】前述したTN方式の視角特性を改善する手段として、一画素内に液晶分子の起き上がる方向（プレチルト方向）が $180^\circ$ 異なる二領域を設けた液晶表示素子を用いて視角依存性を改善する方法（Two Domain TN：TDTNと略称 例えば、特開昭64-88520）や、スプレイ配列を用い、TDTNと同様の効果を得るDomain Divided TN（DDTNと略称 Y.Koike, et al., 1992, SID, p798）などが提案されている。これらは、前述した印加電圧-透過率特性の視角依存性が異なる二領域を一画素として、前述した極値を事実上なくすことを目的としている。

【0008】しかしながら、これらの手法は、微細な領域内でプレチルト方向を変えるためにレジストをパターンニングしてラビングしたり、微細な領域内で2種の配向膜（表面状態や材料）を形成するためにパターンニングやマスク露光をしたり、と従来のTN方式の工程より工程数が増え、著しくコスト高となるため、実用的でない。

【0009】また、ある程度の視角範囲では前述した極値をなくすことができるが、視角特性は視角依存性が異なる二領域の個々の特性の平均の特性であり、視角方向によっては極致をなくすことができない。また、コントラストについては、悪い特性と良い特性を平均化するので、平均的な特性となってしまう良い特性単体よりもコントラストが低下してしまう。また、応答速度については従来のTN方式と変わりない。

【0010】これに対し、ヤマグチ（Y. Yamaguchi）らは、ツイストしていないスプレイ配列のネマティック液晶層に電圧を印加して、ベント配列としてこのベント配列を維持する印加電圧範囲内で液晶分子のチルト状態を印加電圧値により制御し、液晶層における位相差を電圧により制御する複屈折効果型の液晶表示モード：OCBモード（Optically Compensated Birefringence mode）を提案している（Y. Yamaguchi, et al., SID93 DIGEST, pp277-280）。また、P. Bosらも同様の液晶表示モードを提案している（P. Bos, et al., SID'83 DIGEST, pp30-31）。

【0011】このOCBモードの基本的構成を図2に示す。これらの表示モードの液晶分子7-1の配列は、液晶層7の上半分、下半分が常時対称なベント配列形状となっていることが特徴である。従って図2に示すX方位（左右方位）に視角（観察角度）を傾けても、その視角特性は対称となる。さらに、2軸の位相差板8を配置することにより、ある電圧状態にて、前記液晶層7と前記2軸の位相差板8の屈折率積円体が球となり（つまり3次元的に屈折率異方性が無い光学媒体となること）、この状態からX方位に位相差を発生させることにより、種々の視角において位相差が0から2分の1波長まで変化する電圧制御が可能となり、前述した視角依存性が殆どない表示モードとなっている。

【0012】このようにOCBモードは、前述した階調性能、コントラスト性能の視角特性の点では優れている。しかしながら、前記OCBモードは、液晶分子配列をスプレイ配列（電圧無印加状態）から、電圧印加によりベント配列に転移させる必要があり、これには強いエネルギーが必要で、実際には（転移後の）駆動電圧以上の電圧を印加する必要がある。大容量で高精細な表示を行う場合、TFTが必要となるが、このTFT素子では印加できない電圧であり、前記OCBモードは大容量で高精細な表示には実用でなかった。また、転移に要

する時間は1分以上も掛り、ディスプレイを立ち上げてから表示が出るまで、まるで真空管を用いたCRTディスプレイのように時間が掛る。

【0013】また、前記OCBモードは、ベント配列を維持する(スプレイ配列への転移を防止する)必要があり、このためにはある程度の電圧を常時全変調部に印加しておく必要がある。素子の駆動電圧を少しでも低くするためには、前記ベント配列を維持する電圧を駆動電圧範囲の下限とする必要がある。この場合、この印加電圧においてベント配列が安定して維持される必要がある。しかしながら、ベント配列が安定して維持される印加電圧は、およそ2.5Vと高く、結果的に駆動電圧は高いものとなっていた。

【0014】また、十分なコントラストを得るには動作電圧として5~8Vも必要であり、消費電力は極めて高い。

【0015】また、高温状態では液晶相のリクデーションが変化するので表示特性が悪化するという温度特性の問題もある。また、生産上、上下基板のプレチルト角を感じんに対称に制御する必要があり、面内におけるプレチルト角むらのマージンが狭い。よって歩留まりが低いといった問題もある。

【0016】これに対し、大江らは一方に基板に基板平面方向に電界が印加できる電極を形成し、液晶分子の配列方向を基板平面方向において変化させるIn-planeモードを改良し、単純な電極構造からなるTFTアレイ及びSSFLCのように45°の分子配列変化としたTFT-LCDを提案した(M, Oh-e, et. al. "Principles and Characteristics of Electro-Optical Behaviour In-Plane Switching Mode", ASIA DISPLAY '95 DIGEST PAPER p577-580, 1995) : IPSモード。

【0017】このIPSモードは、SSFLC同様、基板平面方向に液晶分子配列方向を変化させ、リクデーションの生じる光軸を電界により制御するものなので前述した階調表示性能やコントラスト性能の視角特性は極めて広い。しかしながら、液晶分子の配向規制力(アンカリング)の影響を強く受けるため応答速度は遅い。また、動作電圧も7Vと高く消費電力は極めて高い。また、原理的に電極上の液晶分子を変化させることができないので電極上の光偏重は不可能であり、電極は遮光性のある金属を用いざる終えない。よってTFT-LCDとしては開口率が低くなり、表示輝度は極めて暗くなる。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、従来の表示モードは、視角特性、応答速度、駆動電圧(消費電力)、表示輝度、温度特性等の問題があり、これらを全て満足するLCDはなかった。

【0019】本発明は、こうした従来の表示モードの問題点を解決し、極めて優れた品位をえる新規な表示モ

ドの構成を提案することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は、2枚の偏光間に複数の画素を形成する電極をそれぞれ有する2枚の基板間に液晶層を挟持してなる液晶表示素子において、前記両基板の電極が画素毎に、微細な領域を単位とした導電体部と非導電体部からなり、前記両基板電極の素子法線方向での断面形状を見た時、一方の基板のみに導電体部を有する幅RE、及び他方の基板のみに導電体部を有する幅FE、両基板とも非導電体部である幅SSが順に、RE・SS・FE・SS・RE・SS・FE・SS・……とSSを挟んでREとFEが交互に配置される断面形状となっており、かつ少なくとも各画素毎にRE、FEそれぞれが画素のどこかで電気的にひとつにつながった電極構造からなり、前記液晶層に斜め電界を印加できる構造としたことを特徴とする液晶表示素子である。非導電体部とは、導電体部間の間隙または隣接部分または同間隙及び隣接部分に、図2に示すような周期的な斜め電界が液晶層に印加でき、液晶層全体を厚み方向に対しても、面内方向に対しても、また、電極上の液晶分子に対しても容易に電界が印加される。

【0021】2枚の偏光板間に前記液晶セルを挟持し、前述した従来の表示モード同様、偏光を制御し、入射した光の透過/吸収を制御するようにしているので直視型の液晶表示素子となる。

【0022】本発明に用いる液晶セルは特願平06-121634号に示される液晶表示素子同様斜め電界を印加できる液晶セルを用いるものである。しかしながら、特願平06-121634号に示される液晶表示素子はセルに偏光を入射させる手段は有するものの、検光子は設けていない。つまり、偏光板を2枚用いた構成でない。これに対し本発明は液晶セルを2枚の偏光板間に挟持した構成としている。これは、前記特願平06-121634号に示される液晶表示素子は直視型ではなく投影型用に液晶表示素子にて入射した光の透過/散乱を制御するものであり、構成上も機能上も異なるものである。また、本発明は前述したように入射した光の透過/吸収を制御するものであり、本発明の目的に特に適した諸条件は、後述するように前記特願平06-121634号とは異なっている。

【0023】さらに前記電極の少なくとも一部がITO、SnOxなどからなる透明電極とすれば、電極上で変化する液晶分子配列も表示に有効活用できるようになり、実用上の開口率は向上する。

【0024】具体的な一つの実施形態として、前記液晶層が正の誘電異方性からなるネマティック液晶組成物を用い、前記ネマティック液晶組成物は、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において、液晶表示素子平面と略平行かつ、液晶表示素子平面での方位が一様である分子配列であり、隣接する前記FE、RE間に印加でき

る斜め電界の液晶表示素子平面での方位（スカラー-E）と液晶分子の液晶表示素子平面での方位（スカラー-LC）のなす角 $\theta$ が、 $45^\circ$ 乃至 $90^\circ$ である液晶表示素子とする。

【0025】また、前記スカラー-Eとスカラー-LCのなす角 $\theta$ が、 $45^\circ$ 乃至 $60^\circ$ であることを特徴とする液晶表示素子。

【0026】また、前記スカラー-Eとスカラー-LCのなす角 $\theta$ が、 $80^\circ$ 乃至 $90^\circ$ の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、チルトを有するユニフォーム配列であり、前記スカラー-Eとスカラー-LCのなす角 $\theta$ が、 $45^\circ$ 乃至 $80^\circ$ 未満の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、スプレイ配列もしくはチルトを有さない（前記液晶表示素子平面に平行である）ユニフォーム配列からなり、前記電極構造により得られる斜め電界及び前記液晶分子配列により、前記液晶表示素子に電圧を印加した状態における液晶分子の振れれ方向が規定された液晶表示素子である。

【0027】また、前記液晶層が負の誘電異方性からなるネマティック液晶組成物からなり、前記ネマティック液晶組成物は、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において、液晶表示素子平面と略平行かつ、液晶表示素子平面での方位が一様である分子配列であり、隣接する前記FE、RE間に印加できる斜め電界の液晶表示素子平面での方位（スカラー-E）と液晶分子の液晶表示素子平面での方位（スカラー-LC）のなす角 $\theta$ が、 $0^\circ$ 乃至 $45^\circ$ である液晶表示素子。

【0028】また、前記スカラー-Eとスカラー-LCのなす角 $\theta$ が、 $30^\circ$ 乃至 $45^\circ$ である液晶表示素子。

【0029】さらには、前記スカラー-Eとスカラー-LCのなす角 $\theta$ が、 $0^\circ$ 乃至 $10^\circ$ 未満の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、スプレイ配列もしくはチルトを有さない（前記液晶表示素子平面に平行である）ユニフォーム配列からなり、前記スカラー-Eとスカラー-LCのなす角 $\theta$ が、 $10^\circ$ 乃至 $45^\circ$ の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、チルトを有するユニフォーム配列であり、前記電極構造により得られる斜め電界及び前記液晶分子配列により、前記液晶表示素子に電圧を印加した状態における液晶分子の振れれ方向が規定された液晶表示素子。

【0030】前記FE、RE間に電圧を印加すれば、図1に示すような斜め電界が形成され、液晶分子配列は液晶表示素子平面において電界方位に並ぼうとするため、電圧を印加しない状態と比較して液晶表示素子平面での方位を $45^\circ$ 以上変化させることができる。前記液晶表

$$I = I_0 \times \sin^2 (2\theta) \times \sin^2 (R\pi/\lambda) \dots\dots (1)$$

となる。Rの値を可視光波長の $1/2$ 倍とし、 $\theta$ の値を $\pi/4$ とすれば $I = I_0$ となる。

\* 示素子の電圧を印加しない状態での位相差を0より大としておけば2枚の偏光器により入射した光の透過/吸収を制御できる。

【0031】図1(a)、(c)に示すように本発明の液晶表示素子は液晶セル（液晶層7）を2枚の板状偏光器3、4間に挟持した構成となっている。入射光側に設けた偏光板3は偏光子の機能を果たし、セルに直線偏光を入射する。本発明の液晶表示素子は位相差が生じる光軸（例えば液晶層7の液晶分子配列方向であり、この方向は液晶層7の光軸でもある。）が電界制御されるものであり、セルに入射した直線偏光の位相を液晶セルにて制御できるものである。図1(b)は電圧無印加時の液晶分子7-2と電圧印加時の液晶分子7-1の光軸の差異を示している。さらに出射光側に設けた偏光板は検光子としての機能を果たし、液晶セルにて制御された偏光光を透過若しくは吸収する。

【0032】液晶層7に印加される電界は液晶表示素子平面で考えれば平面方位の電界であるが、電極は双方の基板1、2の液晶層側に位置しており、印加される電界は、液晶層厚方向全体に容易に印加される。よって、前述したIPSのように一方の基板のみに電極を設けて平面方位のみの電界によって液晶層全体を制御するものより低い印加電圧で制御できる。

【0033】図3は本発明の液晶表示素子の電界方位及び液晶分子配列を説明した図である。図1(c)に示すように本発明の液晶表示素子は斜め方向の電界10を印加できる電極構造となっている。図3(a)はその電気力線11を示したものである。これを平面的にみると図3(b)のようになる。本発明の液晶表示素子は前記液晶表示素子の電極5、6に電圧を印加しない状態において、液晶表示素子平面と略平行かつ、液晶表示素子平面での方位が一様である分子配列としている。その分子配列7-2の一例としては図3(c)に示す配列がある。これらをセルの平面で観察した場合の分子配列のイメージを図3(d)に示す。図3(c)、(d)に示すように液晶分子配列を液晶表示素子平面での方位が一様である分子配列とした場合、その液晶分子長軸（光軸）には液晶層厚dに応じたリターデーション $R (= \Delta n d \Delta n : \text{液晶組成物の屈折率異方性})$ を持つ。こうしたリターデーションを持つ層に偏光光を入射した場合、その偏光光の偏光方位と前記液晶分子長軸（光軸）のなす角度 $(= \theta)$ に応じて、その偏光光の位相を変化させることができる。本発明の液晶表示素子は前記液晶分子配列の平面方位を電界により制御できるので前記 $\theta$ を変化させることができる。例えば偏光子と検光子を直交配置させた場合、セルに入射した偏光光の強度 $I_0$ に対し、検光子を出射する光の強度 $I$ は、

【0034】(1)式を計算すると図4のようになる。図4から明らかなように、Rの値に対しても $\theta$ の値に対し

ても1は極値を持つ。 $\theta$ を変化させる本発明の液晶表示素子はRの値を可視光波長の1/2倍とすることにより最も高い光強度を得る。 $\theta$ は0、及び $\pi/2$ で極小値0を取り、 $\pi/4$  ( $+m\pi/2$   $m: 0, 1, 2, 3 \dots$ )で極大値 $10 \times \sin^2 (R\pi/\lambda)$ を取る。よって高いコントラストを得るには $\theta$ の値が、少なくとも0から $\pi/4$  ( $\pi/4$ から0) 以上の変化、例えば0から $\pi/3$ 、若しくは $\pi/4$ から $\pi/2$  ( $\pi/2$ から $\pi/4$ ) 以上の変化をするように電界方位に対しての液晶分子配列方位を定めれば良い。

【0035】本発明の液晶表示素子は図1、図3に示すように、十分な電界を印加した場合、誘電異方性 $\Delta\epsilon$ が正のネマティック液晶の場合、液晶分子配列は電界方位に平行な状態をとる。従って電圧を印加していない状態での前記 $\theta$ の値を $45^\circ$ 乃至 $90^\circ$ とすれば、前述した高いコントラストを得る必要条件を満たすこととなる。また、誘電異方性 $\Delta\epsilon$ が負のネマティック液晶の場合、液晶分子配列は電界方位と直交した方位に配列する。したがって、この状態で $\theta$ の取り得る値の最小値は $\pi/2$ である。また、電圧を印加しない状態での液晶分子配列から取り得る $\theta$ の値の最小値は0であるから、高いコントラストを得るためには、電圧を印加していない状態での前記 $\theta$ の値を $0^\circ$ 以上 $45^\circ$ 未満とすればよい。

【0036】図5に $\theta$ の値、Rの値を変えて作製した本発明の液晶表示素子の電気光学特性の測定結果を示す。いずれの液晶セルも液晶層厚 $d=5\mu\text{m}$ とし、電極幅FE、REはともに $5\mu\text{m}$ 、電極ピッチPは上下基板とも $18\mu\text{m}$ 、前記幅SSの値は $4\mu\text{m}$ としており、液晶分子の配向処理はチルトを有さない(前記液晶表示素子平面に平行である)ユニフォーム配列としている。

【0037】また、前記液晶表示素子平面における液晶分子配列方位と入射光側に設けた偏光子の吸収軸を平行に配置し、出射光側には、吸収軸が前記偏光子の吸収軸と直交するよう検光子を配置し、各々のセルの上下基板の電極間に60Hzの方形波の交流電圧を印加し、2枚の平行配置偏光板の透過光強度I<sub>0</sub>に対する透過光強度I/10を波長550nmの短波長の光を入射させ、測定したものである。いずれも液晶材料は正の誘電異方性を示すネマティック液晶組成物である。

【0038】図5(a)は $\theta=90^\circ$ 、 $R=0.30\mu\text{m}$ としたセルaの測定結果であり、図5(b)は $\theta=90^\circ$ 、 $R=0.25\mu\text{m}$ としたセルbの測定結果であり、図5(c)は $\theta=60^\circ$ 、 $R=0.30\mu\text{m}$ としたセルcの測定結果であり、図5(d)は $\theta=45^\circ$ 、 $R=0.30\mu\text{m}$ としたセルdの測定結果であり、図5(e)は $\theta=60^\circ$ 、 $R=0.25\mu\text{m}$ としたセルeの測定結果である。

【0039】いずれの結果においても電圧を印加しない場合の1/10は0.001程度であり、最大コントラスト比は1000:1程度あった。最大コントラストを

得る印加電圧値VCRは $\theta$ に依存している。 $\theta$ が大であるほどVCRは小さい。これは、液晶表示素子平面での液晶分子配列方位の変化度合いが電圧を印加した状態での $\theta$ の値が大であればあるほど大きいからである。

【0040】また、Rに対しては $R=0.30\mu\text{m}$ とした場合、1/10は1を得るが、 $R=0.25\mu\text{m}$ の場合これより小さい値となる。これは(1)式における $\sin^2 (R\pi/\lambda)$ のRが、試作した液晶セルの電圧を印加しない状態でのR値が入射光波長の1/2より、やや大きい値にて丁度1/2になるためであり、実際に電圧を印加した際の液晶セルは、電圧を印加しない状態で $R=0.30\mu\text{m}$ であるときにRが入射光波長( $\lambda=550\text{nm}$ )の1/2となるためである。

【0041】前記電圧を印加しない状態での $\theta$ の値を $45^\circ$ 乃至 $60^\circ$ とすれば電気光学特性は、ほど良い急峻性を示し、最大1/10を得る電圧のマージンは広くなり、容易に駆動できるようになる。

【0042】 $\theta$ の値が $45^\circ$ 未満だと、 $\theta$ の値を $45^\circ$ 乃至 $60^\circ$ とした場合と比較して最大1/10の値が小さくなることとなり、コントラストが低下する。

【0043】また、 $\theta$ の値を $60^\circ$ より大とすると電気光学特性が急峻に成り過ぎる。

【0044】特に偏光子と検光子を平行配置したり、偏光子と検光子を直交配置し、電圧を印加しない状態での液晶分子配列方位と偏光板の吸収軸とのなす角度を $45^\circ$ とした場合、表示はノーマリーブラックとなる。

【0045】図7は偏光子と検光子を直交配置し、電圧を印加しない状態での液晶分子配列方位と偏光板の吸収軸とのなす角度を $45^\circ$ とした場合のセルの電気光学特性の測定結果である。

【0046】セルa、b(図7(a)(b))と比較してセルc(図7(c))は電気光学特性が急峻でなく、その分最小1/10の値をとる電圧値のマージンが広い。このノーマリーブラック表示の構成とした場合、最小1/10の値をとる電圧値のマージンが狭いとセル厚マージン、温度特性等に多大に影響するため、好ましくない。よって、電圧を印加しない状態での $\theta$ の値を $45^\circ$ 乃至 $60^\circ$ とすればより優れた性能えられることが解る。

【0047】これらのことは液晶組成物が負の誘電異方性を示すネマティック液晶を用いた場合、また、液晶分子配列の安定性を考えてみる。本発明の液晶表示素子の液晶分子配列は図3(c)(d)に示すような3つに分類される。この内チルトを有するユニフォーム配列は液晶表示素子平面に対して一様にチルト配向しているものであり、平面図を描けば図3(d)に示すように頭を描くこととなる。

【0048】同様にチルトを有さないユニフォーム配列やスプレイ配列は液晶分子の平均的傾きは液晶表示素子平面に対して平行である。よって、図3(d)に示すよ

うに液晶分子の平面図を描くと頭のない絵となる。ちなみに前述した $\theta$ を示すと図3(e)のようになる。また、本発明の液晶表示素子における印加電界を図示すると図3(a)(b)のようになる。電界は斜め電界であり、液晶表示素子平面に対して傾きをもった電界である。これを平面的にみて手前(頭)を大きく描いたのが図3(b)である。以降、電界の液晶表示素子平面に対する傾きを図3(b)のように描く。ここで液晶組成物が正の誘電異方性を示すネマティック液晶を考えると、液晶層に電界を印加した時、液晶分子は電界方向に向くこととなる。それぞれの分子配列と $\theta$ の値に対して液晶分子の挙動を考えると図13のようになる。

【0049】図13(a)は液晶分子配列がチルトを有するユニフォーム配列であり、 $\theta$ の値が $90^\circ$ の場合の分子配列挙動を示したものである。前記 $\theta$ の値は $0^\circ$ 乃至 $90^\circ$ 未満である。これは液晶分子が電界方向に対し配列方向を変化させる際、当然液晶分子は交差角の小さい方向に回転するからである。ただし $\theta$ の値が $90^\circ$ の場合、回転方向は右回りとも左回りとも規定されない。

【0050】しかしながら、図示するように液晶分子配列は一様なチルトを有しているので電界方向に傾きのある本発明の液晶表示素子では、液晶分子の頭のほうが電界方位の頭の方に回転しやすい。このほうが電圧印加前後で液晶分子のチルト方位が変化しないからである。

(逆方向に回転するには電圧を印加しない状態でのチルト方向と逆の方向にチルトする必要があるため)。よって、 $\theta$ の値が $90^\circ$ であり、液晶分子配列がチルトを有するユニフォーム配列の場合、液晶分子配列は常に安定している。

【0051】同様のことを $\theta$ が $30^\circ$ の場合について考えてみる。図13(c)は液晶分子配列がチルトを有するユニフォーム配列であり、 $\theta$ の値が $30^\circ$ の場合の分子配列挙動を示したものである。液晶分子が電界方向に対し配列方向を変化させる際、液晶分子が交差角の小さい方向に回転することを考えると、図示するように一方では液晶分子のチルト方位に準じて回転できるが、他方では電圧を印加しない状態でのチルト方向と逆の方向にチルトする必要があることとなる。こうした場合液晶分子配列は不安定となり、一様な配列を維持できずディスクレーションが生じたりする。

【0052】これに対し、液晶分子配列がチルトを有さないユニフォーム配列やスプレイ配列の場合を考えてみる。図13(b)は液晶分子配列がチルトを有さないユニフォーム配列若しくはスプレイ配列であり、 $\theta$ の値が $30^\circ$ の場合の分子配列挙動を示したものである。

【0053】電圧を印加しない状態での液晶分子は平均的には液晶表示素子平面と平行であり、傾きを持っていないと見なせる。よって、いずれの回転方向に対しても逆方向にチルトするようなことはない。よって、 $\theta$ を指す回転方向に回転する。つまり液晶分子と電界方位の交

差角の小さい方に回転する。

【0054】同様のことを $\theta$ の値が $90^\circ$ の場合について考えてみる。図13(d)は液晶分子配列がチルトを有さないユニフォーム配列若しくはスプレイ配列であり、 $\theta$ の値が $90^\circ$ の場合の分子配列挙動を示したものである。この場合、図13(c)のように逆にチルトする必要はないが液晶分子の回転方向は $\theta$ の値からも、分子配列からも規定されない。液晶分子配列も前記交差角も中性であるからである。よって、左回りにも右回りにも回転することとなり、液晶分子配列は不安定となる。

【0055】このように、 $\theta$ が $90^\circ$ の場合のように、液晶分子の回転方向が規定されない場合は、液晶分子配列がチルトを有するユニフォームとしておけば分子配列と電界の傾きにより、回転方向は規定され液晶分子配列は常に安定となる。このことは $\theta$ の値が $80^\circ$ 乃至 $90^\circ$ の場合に得られることを実験により確認している。逆に $\theta$ の値が $80^\circ$ 未満の場合、 $\theta$ の値により回転方向は規定される。この場合、液晶分子が逆にチルトすることを防止するには液晶分子配列を中性にしてやればよく、具体的にはチルトを有さないユニフォーム配列若しくはスプレイ配列とすれば液晶分子配列は常に安定することとなる。

【0056】以上説明したように電極構造により得られる斜め電界及び液晶分子配列により、液晶分子の回転方向が規定され、逆方向にチルトしない構造とすれば液晶分子配列は常に安定する。

【0057】同様のことを負の誘電異方性を示すネマティック液晶について考えると、前記スカラーEとスカラーLCのなす角 $\theta$ が、 $0^\circ$ 乃至 $10^\circ$ 未満の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、スプレイ配列もしくはチルトを有さない(前記液晶表示素子平面に平行である)ユニフォーム配列からなり、前記スカラーEとスカラーLCのなす角 $\theta$ が、 $10^\circ$ 乃至 $45^\circ$ の時、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子配列が、チルトを有するユニフォーム配列であるようにすればよいこととなる。

【0058】また、チルトを有するユニフォーム配列であり、なおかつ $\theta$ の値が前述した回転方向が規定されない値としても、(誘電異方性が正の場合、前記スカラーEとスカラーLCのなす角 $\theta$ が $45^\circ$ 乃至 $80^\circ$ 未満の時、誘電異方性が負の場合、液晶表示素子であり、前記スカラーEとスカラーLCのなす角 $\theta$ が $0^\circ$ 乃至 $10^\circ$ 未満の時、)前記液晶分子のチルト方位が、前記斜め電界の方位毎に異なるよう少なくとも2種の方位からなる配向分割をなせば前述した逆方向へのチルトは防止できることとなり、液晶分子配列は常に安定する。

【0059】次に入射光の波長に対する依存性について考える。図6は液晶層厚 $d=5\mu\text{m}$ とし、電極幅FE、REはともに $5\mu\text{m}$ 、電極ピッチPは上下基板とも18



$\mu\text{m}$ 、前記SSの値は $4\mu\text{m}$ であり、液晶分子の配向処理はチルトを有さない（前記液晶表示素子平面に平行である）ユニフォーム配列であり、 $\theta = 90^\circ$ 、 $R = 0$ 、 $30\mu\text{m}$ （ $\lambda = 550\text{nm}$ ）としたセルaの電気光学特性を入射光波長を変化させて測定した結果である。入射させた光は $\lambda = 440$ （図中B）、 $550$ （図中G）、 $620$ （図中R） $\text{nm}$ である。いずれの測定も、セルの上下基板の電極間に $60\text{Hz}$ の方形波の交流電圧を印加し、2枚の平行配置偏光板の透過光強度 $I$ に対する透過光強度 $I/I_0$ を測定したものである。

【0060】図からあきらかなように電気光学特性には波長依存性がある。これは、(1)式に示すように、本発明の液晶表示素子が液晶セルによる位相の制御により表示をしているからであり、その位相差は $R/\lambda$ により切るためである。一般的に液晶材料には屈折率異方性 $\Delta n$ があるが、その値は波長分散特性をもつ。液晶層厚 $d$ は波長によらず一定であるので $R$ の値は液晶材料の屈折率異方性の波長分散特性により決まる。液晶材料の波長分散特性は可視光波長に対しては波長が大であるほど屈折率異方性 $\Delta n$ は小さい。よって、 $R$ の値も波長が大であるほど小さい。従って、位相差は $\Delta n$ より一層、波長分散特性を持ち、波長が大であるほど $R/\lambda$ は小さくなる。

【0061】このことは、前記液晶層により生ずる位相差の波長依存性を解消するように前記偏光板間に位相差板、光学補償板もしくはこれらの機能を得る膜を加えた構造とすれば解決される。

【0062】例えば、図8(a)(b)に示すような波長分散特性を持つ液晶材料を用いた場合、図1(a)に示すような位相差板を液晶セル（液晶層7）と偏光板4の間に、位相差板（光学補償板）の光軸8-1が液晶分子配列方位7-2-1と直交するよう挟持すれば、トータルの位相差は各々の位相差の差となり図8(c)のようになる。よって波長によらず一定の位相差（ $R/\lambda$ ）が得られ波長分散特性は解消されることとなる。図8で12-1が位相差板の $R$ 値、7-2液晶層の $R$ 値、13-2がトータルの $R$ 値である。また、実用上のコントラスト比を高め、温度特性を抑制し、生産上歩留まりを高めるには、前記2枚の偏光板を、その吸収軸が直交するよう配置し、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子の液晶表示素子平面での配列方位を、前記2枚の偏光板の一方の吸収軸と平行に配置すればよい。電圧を印加しない状態にて黒表示を得て、なおかつ、この黒表示は液晶層の層厚や屈折率異方性に影響されず位相差を持たない状態となる。よって液晶層厚むらや温度変化による光学補償板、液晶層のリターデーション変化、むらに影響されず優れた黒表示を得る。また、液晶層や光学補償板の光学特性が多少設計値とずれても黒表示は優れたものとなる。

【0063】これら本発明の液晶表示素子は液晶分子配

列方位を液晶表示素子平面で変化させるものであり、黒表示から白表示に至るまで液晶分子は、ほぼ液晶表示素子平面と平行に配列している。したがって視野角は極めて広い。また、本発明の液晶表示素子は液晶層の層厚方向における中央付近の液晶分子を支配的に制御するものなので応答速度が極めて速い。また、この応答速度は前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において前記液晶分子の液晶表示素子平面での配列方位を、電界方位に対して $45^\circ$ の角度（ $\theta = 45^\circ$ ）に近づければ近づくほど速くなる。

【0064】また、少なくとも一方の基板がTFE、TFD等のスイッチング素子を有するアクティブマトリクス基板を用いれば、極めて優れた表示性能のマトリクス表示が実現する。また、電気光学特性が急峻でない設計条件においても優れた表示性能を得ることができる。

【0065】また、少なくとも一方の基板にカラーフィルターを設ければ優れたカラー表示が実現される。

【0066】なお、本発明は問題を解決する手段として具体的に、ネマティック液晶組成物を用い、前記液晶表示素子に電圧を印加しない状態において、液晶表示素子平面と略平行かつ、液晶表示素子平面での方位が一樣である分子配列を用いているが、用いる液晶材料としては、スメクティック液晶組成物、カイラルネマティック液晶組成物、コレステリック液晶組成物、ディスコティック液晶組成物、及びこれらの高分子液晶組成物、低分子液晶組成物であっても良く、分子配列はハイブリッド配列、ベンド配列、垂直配列及びこれらにツイスト変形を加えた配列であっても、同様の原理や効果をえるものであれば前述した問題点を解決することができる。

【0067】また、本発明は解決手段として具体的に、前記両基板の電極が画素毎に、微細な領域を単位とした導電体部と非導電体部からなり、前記両基板電極の素子法線方向での断面形状を見た時、一方の基板のみに導電体部を有する幅RE、及び他方の基板のみに導電体部を有する幅FE、両基板とも非導電体部である幅SSが順に、 $RE \cdot SS \cdot FE \cdot SS \cdot RE \cdot SS \cdot FE \cdot SS \cdot \dots$ とSSを挟んでREとFEが交互に配置される断面形状となっており、かつ少なくとも各画素毎にRE、FEそれぞれが画素のどこかで電氣的に一つにつながった電極構造を用いたが、斜め電界を得る電極構成であれば、前述した問題点を解決することができる。

【0068】

【発明の実施の形態】

（実施の形態1）図9(c)、(d)に示すような構造からなる上基板（出射光側基板）として、対向基板用ITOストライプパターンニングガラス基板を用いた。出射光側基板のストライプ電極6は(c)に示すように、1画素領域pの $180\mu\text{m} \times 180\mu\text{m}$ 内に梯子状の導電体部を有している。すなわち、両側の導電体条6-1、6-2間に幅 $5\mu\text{m}$ の複数の導電体部6-2を橋絡

させ、各導電体部間に $13\mu\text{m}$ の間隔 $6-3$ を形成する。この間隔が非導電体部となる。

【0069】(d)は画面の有効表示領域に配置したストライプ電極6を示す。画素数はX方向に480画素、Y方向に320画素である。

【0070】(a)は入力光側基板の画素電極5の1画素領域を示しており、導電体条の枠5-1内に幅 $5\mu\text{m}$ の複数の導電体部5-2をピッチ $18\mu\text{m}$ で間隔をおいて配置する。間隔の幅は $13\mu\text{m}$ である。この間隔が非導電体部5-3となる。枠5-1の隅にMIMスイッチング素子18-1が形成され、アルミニウム膜でできた信号線10に接続される。

【0071】(b)は画面有効表示領域における電極5のアレイ配置を示すものである。

【0072】電極5の導電体部5-2と電極6の非導電体部6-3が対向し、電極6の導電体部6-2と電極5の非導電体部5-3がそれぞれ対向するように組み合わせられる。

【0073】(a)(b)に示すように下基板としてMIMからなるスイッチング素子18-1付きガラス基板を用いた。このMIM基板における画素電極は入射光側基板電極5であり、ITOを用いた。双方の基板の電極5、6に透明なITOを用いることにより、実用上の開口率を向上させ素子の透過率を高めた。ここで、MIM素子の対極材料として用いたAlを対向基板のストライプ電極、及びMIM基板における画素電極として用いられ、実用上の開口率は低下するもののアレイ形成工程が用いる材料の種類低減、素子と同時に形成できる等の理由から簡略化できることとなる。こうした基板を用いて、配向膜(図1の9)として(株)日本合成ゴム製のAL-1051(プレチルト角測定値 $1^\circ$ )を形成し、図に矢印で示すように画素電極内の微細なストライプパターンと平行であり、上下基板を対向させたときに $180^\circ$ 方位の異なる方向にラビング処理を施し、前述した $\theta$ の値が $90^\circ$ であり、ネマティック液晶組成物が前記上下基板間でチルトを有するユニフォーム配列となる配向処理を施した。下基板側に基板間隙剤として液晶層厚が $5.0\mu\text{m}$ となるよう(株)積水ファインケミカル製の微粒子:ミクロパール(粒径 $5.0\mu\text{m}$ )を分散密度 $100\text{個}/\text{mm}^2$ となるよう乾式散布法にて散布して、これら基板間に誘電異方性が正の液晶材料として(株)メルクジャパン製ZLI-2293( $\Delta n=0.132$ ;  $\lambda=590\text{nm}$ )を挟持して本液晶表示素子を得た。

【0074】しかる後、上基板外面にポリカーボネイトからなる位相差板( $R=360\text{nm}$ ;  $\lambda=590\text{nm}$ ) (同1の8)を光軸が前記液晶分子配列方向と直交するようににはりあわせ、しかる後、その上に偏光板を吸収軸が前記液晶分子配列方向と平行となるようにはりあわせ、また、下基板外面に、偏光板を吸収軸が前記液晶分子配列方向と直交するようにはりあわせて、本液晶表示素子

に用いる液晶セルを得た。ここで、液晶層厚、液晶組成物の $\Delta n$ を前述した値とし、ポリカーボネイトからなる位相差板をはりあわせたのは、液晶表示素子全体でのRの値を $\lambda/2$ 強とするためであり、位相差板を用いて全体での位相差を設定したのは、全体での位相差が可視光波長全域に対し、一様な値となるようにするためである。ここで、位相差板を用いず、液晶組成物の $\Delta n$ を0.065にする(例えば(株)メルクジャパン製ZLI-1165を用いる)等して液晶表示素子を作成しても本発明の液晶表示素子は得られる。この場合、波長分散特性を解消するためには、入射光をカラーフィルター等を用いて分光し、各々の波長に対して駆動電圧を制御すればよい。

【0075】このようにして得られた本液晶表示素子にTFDを介して電圧を印加して電気光学特性(透過率-印加電圧曲線)を測定した。透過率-印加電圧曲線を求めるために、液晶表示素子に3波長蛍光管のバックライト光を入射させ、透過率を測定したところ図5(a)に示す特性と同等の特性を得た。僅か3vの印加電圧にて最大コントラストを得た。印加電圧1.5vと3v間におけるコントラスト比は400:1であった。

【0076】印加電圧1.5vと3v間において16階調表示をした際の応答時間を各階調間において測定したところ、最も応答速度が遅い階調間で立上がり $12\text{ms}$ 、立ち下がり $23\text{ms}$ と従来のTNやIPSモードと比較して極めて速い特性であった。また、前記TFDをマルチプレックス駆動してTV表示やコンピュータグラフィック表示を行い、その階調表示性能や色再現性を観察したところ素子正面側のみならず、あらゆる視角方向において階調表示の反転がなく、色再現性に優れた表示であることが確認された。印加電圧1.5vと3v間においてコントラスト比の視角特性を測定したところ、視角 $60^\circ$ コーン内においてコントラスト比200:1以上をえた。

【0077】(実施の形態2)図10に示すような電極構造配置からなる上基板(入射光側基板)として、RGBからなるカラーフィルター層を電極下に有するITOストライプパターンニングガラス基板を用い、下基板としてMIMからなるスイッチング素子付きガラス基板を用いた。この電極構造は図9に示す実施の形態と同じで、1画素P内にRGB3色用の電極を配置したものである。梯子幅が $3/1$ になる他は図9と電極形状は変わらない。このMIM基板における画素電極はITOを用いた。双方の基板の画素電極に透明なITOを用いることにより、実用上の開口率を向上させ素子の透過率を高めた。こうした基板を用いて、配向膜として(株)日本合成ゴム製のAL-1051(プレチルト角測定値 $1^\circ$ )を形成し、図に示すように画素電極内の微細なストライプパターンと $30^\circ$ の角度をなし、上下基板を対向させたときに $180^\circ$ 方位の異なる方向にラビング処理

を施し、前述した $\theta$ の値が $60^\circ$ であり、ネマティック液晶組成物が前記上下基板間でチルトを有するスプレイ配列となる配向処理を施した。ここで液晶分子配列を $\theta$ の値が $60^\circ$ となるようにしたのは、液晶分子が電界により $45^\circ$ 以上回転するようにするためであり、また、電界方位に対して $45^\circ$ に近い角度に設定することにより、液晶層にかかるトルクを大きくして応答速度を速めるためである。

【0078】また、分子配列をスプレイ配列としたのは、液晶分子配列を中性にして液晶分子配列を常に安定化させるためである。この液晶分子配列を常に安定化させる目的を実現する他の実施形態としては、チルトを有さないユニフォーム配列がある。具体的には、配向膜に微細な凹凸をパターンニング等により形成する手法や、配向膜に偏光した紫外線を照射する方法や、斜方蒸着法、高分子膜延伸法、DIP法膜付け、転写法、LB膜、光異性化法、磁場配向法、流動配向法、温度勾配法、ザリビ法などがあげられる。また、チルトを有するユニフォーム配列を用いても、前記電極構成により得られる斜め電界の傾きに応じてユニフォーム配列のチルト方位を設定すれば、液晶分子配列は常に安定化する。これの具体的な実施形態としては前述したDDTNに用いられているような配向分割手法が適用できる。

【0079】しかる後、下基板側に基板間隙剤として液晶層厚が $5.0\mu\text{m}$ となるよう(株)積水ファインケミカル製の微粒子：マイクロパール(粒径 $5.0\mu\text{m}$ )を分散密度 $100\text{個}/\text{mm}^2$ となるよう乾式散布法にて散布して、これら基板間に誘電異方性が正の液晶材料として(株)メルクジャパン製ZLI-2293( $\Delta n=0.132$ ;  $\lambda=590\text{nm}$ )を挟持して本発明の液晶表示素子を得た。

【0080】しかる後、上基板外面にポリカーボネイトからなる位相差板( $R=360\text{nm}$ ;  $\lambda=590\text{nm}$ )を光軸が前記液晶分子配列方向と直交するようにはりあわせ、しかる後、その上に偏光板を吸収軸が前記液晶分子配列方向と平行となるようにはりあわせ、また、下基板外面に、偏光板を吸収軸が前記液晶分子配列方向と直交するようにはりあわせて、本発明の液晶表示素子に用いる液晶セルを得た。

【0081】このようにして得られた本発明の液晶表示素子にTFDを介して電圧を印加して電気光学特性(透過率-印加電圧曲線)を測定した。透過率-印加電圧曲線を求めるために、液晶表示素子に3波長管のバックライト光を入射させ、透過率を測定したところ図5(c)に示す特性と同等の特性を得た。僅か $4\text{V}$ の印加電圧にて最大コントラストを得た。印加電圧 $1.5\text{V}$ と $4\text{V}$ 間におけるコントラスト比は $400:1$ であった。印加電圧 $1.5\text{V}$ と $4\text{V}$ 間において16階調表示をした際の応答時間を各階調間において測定したところ、最も応答速度が遅い階調間で立上がり $7\text{ms}$ 、立ち下がり $15\text{ms}$

と従来のTNやIPSモードと比較して極めて速い特性であった。また、前述した $\theta=90^\circ$ のセルと比較して、より速い応答であった。また、前記TFDをマルチプレックス駆動してTV表示やコンピュータグラフィック表示を行い、その階調表示性能や色再現性を観察したところ素子正面標高のみならず、あらゆる視角方向において階調表示の反転がなく、色再現性に優れた表示であることが確認された。印加電圧 $1.5\text{V}$ と $4\text{V}$ 間においてコントラスト比の視角特性を測定したところ、視角 $60^\circ$ コーン内においてコントラスト比 $200:1$ 以上をえた。

【0082】(実施の形態3)図12に示すような構造からなる上基板(出射光側基板)として、RGBからなるカラーフィルター層を電極下に有するITOべた電極つきガラス基板を用い、下基板としてTFEからなるスイッチング素子付きガラス基板を用いた。すなわち図10に示す実施の形態2と変わるところはスイッチング素子にTFE18-2を用いることであり、このため、対抗する下基板すなわち光側基板の電極6は非導体部6-3を複数個有するべた電極となる。のTFE基板における画素電極はITOを用いた。双方の基板の画素電極に透明なITOを用いることにより、実用上の開口率を向上させ素子の透過率を高めた。こうした基板を用いて、配向膜として(株)日本合成ゴム製のAL-1051(プレチルト角測定値 $1^\circ$ )を形成し、図に示すように画素電極内の微細なストライプパターンと $60^\circ$ の角度をなし、上下基板を対向させたときに $180^\circ$ 方位の異なる方向にラビング処理を施し、前述した $\theta$ の値が $30^\circ$ であり、ネマティック液晶組成物が前記上下基板間でチルトを有するユニフォーム配列となる配向処理を施した。ここでは誘電異方性が負のネマティック液晶を用いており、ここで液晶分子配列を $\theta$ の値が $30^\circ$ となるようにしたのは、液晶分子が電界により $45^\circ$ 以上回転するようにするためであり、また、電界方位に対して $45^\circ$ に近い角度に設定することにより、液晶層にかかるトルクを大きくして応答速度を速めるためである。また、分子配列をユニフォーム配列としたのは、液晶分子配列を常に安定化させるためである。

【0083】しかる後、下基板側に基板間隙剤として液晶層厚が $5.0\mu\text{m}$ となるよう(株)積水ファインケミカル製の微粒子：マイクロパール(粒径 $5.0\mu\text{m}$ )を分散密度 $100\text{個}/\text{mm}^2$ となるよう乾式散布法にて散布して、これら基板間に誘電異方性が負の液晶材料として(株)メルクジャパン製ZLI-4330( $\Delta n=0.147$ ;  $\lambda=590\text{nm}$ )を挟持して本発明の液晶表示素子を得た。

【0084】しかる後、上基板外面にポリカーボネイトからなる位相差板( $R=360\text{nm}$ ;  $\lambda=590\text{nm}$ )を光軸が前記液晶分子配列方向と直交するようにはりあわせ、しかる後、その上に偏光板を吸収軸が前記液晶分

子配列方向と平行となるようはりあわせ、また、下基板外面に、偏光板を吸収軸が前記液晶分子配列方向と直交するようにはりあわせて、本発明の液晶表示素子に用いる液晶セルを得た。

【0085】このようにして得られた本発明の液晶表示素子にTFDを介して電圧を印加して電気光学特性（透過率-印加電圧曲線）を測定した。透過率-印加電圧曲線を求めるために、液晶表示素子に3波長管のバックライト光を入射させ、透過率を測定したところ図5（c）にし酢特性と同等の特性を得た。僅か4vの印加電圧にて最大コントラストを得た。印加電圧1.5vと4v間におけるコントラスト比は400:1であった。印加電圧1.5vと4v間において16階調表示をした際の応答時間を各階調間において測定したところ、最も応答速度が遅い階調間で立ち上がり7ms、立ち下がり15msと従来のTNやIPSモードと比較して極めて速い特性であった。また、前述した $\theta = 90^\circ$ のセルと比較して、より速いあたりであった。また、前記TFEをTFE駆動してTV表示やコンピュータグラフィック表示を行い、その階調表示性能や色再現性を観察したところ素子正面方向のみならず、あらゆる視角方向において階調表示の反転がなく、色再現性に優れた表示であることが確認された。印加電圧1.5vと4v間においてコントラスト比の視角特性を測定したところ、視角 $60^\circ$ コーン内においてコントラスト比200:1以上をえた。

【0086】（実施の形態4）図11に示すような構造からなる上基板（出射光側基板）として、ITOべた電極つきガラス基板を用い、下基板としてTFEからなるスイッチング素子付きガラス基板を用いた。すなわち図9、図示の実施の形態1と変わるところはスイッチング素子にTFE18-2を用いることであり、このため対抗する下基板すなわち光側基板の電極6は非導体部6-3を複数個有するべた電極となる。このTFE基板における画素電極はITOを用いた。双方の基板の画素電極に透明なITOを用いることにより、実用上の開口率を向上させ素子の透過率を高めた。こうした基板を用いて、配向膜として（株）日本合成ゴム製のAL-1051（プレチルト角測定値 $1^\circ$ ）を形成し、図に示すように画素電極内の微細なストライプパターンと $85^\circ$ の角度をなし、上下基板を対向させたときに $180^\circ$ 方位の異なる方向にラビング処理を施し、前述した $\theta$ の値が $5^\circ$ であり、ネマティック液晶組成物が前記上下基板間でチルトを有するスプレイ配列となる配向処理を施した。ここでは誘電異方性が負のネマティック液晶を用いており、ここで液晶分子配列を $\theta$ の値が $5^\circ$ となるようにしたのは、液晶分子が電界により $45^\circ$ 以上回転するようにするためであり、また、回転の度合いを高めることにより駆動電圧を低減するためである。また、分子配列をスプレイ配列としたのは、液晶分子配列を中性にして液晶分子配列を常に安定化させるためである。

【0087】しかる後、下基板側に基板間隙剤として液晶層厚が $5.0\mu\text{m}$ となるよう（株）積水ファインケミカル製の微粒子：マイクロパール（粒径 $5.0\mu\text{m}$ ）を分散密度100個/ $\text{mm}^2$ となるよう乾式散布法にて散布して、これら基板間に誘電異方性が負の液晶材料として（株）メルクジャパン製ZLI-4330（ $\Delta n = 0.14$ ； $\lambda = 590\text{nm}$ ）を挟持して本発明の液晶表示素子を得た。

【0088】しかる後、上基板外面にポリカーボネイトからなる位相差板（ $R = 360\text{nm}$ ； $\lambda = 590\text{nm}$ ）を光軸が前記液晶分子配列方向と直交するようにはりあわせ、しかる後、その上に偏光板を吸収軸が前記液晶分子配列方向と平行となるようはりあわせ、また、下基板外面に、偏光板を吸収軸が前記液晶分子配列方向と直交するようにはりあわせて、本発明の液晶表示素子に用いる液晶セルを得た。

【0089】このようにして得られた本発明の液晶表示素子にTFDを介して電圧を印加して電気光学特性（透過率-印加電圧曲線）を測定した。透過率-印加電圧曲線を求めるために、液晶表示素子に3波長管のバックライト光を入射させ、透過率を測定したところ図5（a）にし酢特性と同等の特性を得た。僅か3vの印加電圧にて最大コントラストを得た。印加電圧1.5vと4v間におけるコントラスト比は400:1であった。印加電圧1.5vと3v間において16階調表示をした際の応答時間を各階調間において測定したところ、最も応答速度が遅い階調間で立ち上がり7ms、立ち下がり15msと従来のTNやIPSモードと比較して極めて速い特性であった。また、前述した $\theta = 90^\circ$ のセルと比較して、より速い値であった。

【0090】また、前記TFEをTFE駆動してTV表示やコンピュータグラフィック表示を行い、その階調表示性能や色再現性を観察したところ素子正面方向のみならず、あらゆる視角方向において階調表示の反転がなく、色再現性に優れた表示であることが確認された。印加電圧1.5vと3v間においてコントラスト比の視角特性を測定したところ、視角 $60^\circ$ コーン内においてコントラスト比200:1以上をえた。

【0091】なお、上記実施の形態で、特有の材料を用い、特有の製法にて液晶表示素子を得ているが、本発明の作用を得る材料及び条件であれば同様の効果を得ることはいうまでも無く、また、スイィチング素子を用いず、スタティック駆動しても単純マトリクス駆動によるマルチプレックス駆動しても、同様の効果は得られる。

【0092】

【発明の効果】本発明によれば視野角が広く、透過率が高く、高速応答であり、色再現性に優れた液晶表示素子を得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の液晶表示素子の構成を説明するもの

で、(a)は光学構成の略図、(b)は平面図、(c)は断面構成図、

【図2】従来技術のOCBモードの構成を説明する図、

【図3】(a)乃至(e)は本発明の液晶表示素子の電界、電磁力線、液晶分子配列、 $\theta$ を説明する略図、

【図4】ECBモードの透過光強度の計算結果を示す曲線図、

【図5】本発明の液晶表示素子の電気光学特性の測定結果を示す曲線図、

【図6】本発明の液晶表示素子の電気光学特性の波長分散特性の測定結果の一例を示す曲線図、

【図7】本発明の液晶表示素子の電気光学特性の測定結果を示す曲線図、

【図8】(a)乃至(c)は本発明の液晶表示素子の光学層のリターデーション値と位相差 $R/\lambda$ の波長分散特性を説明する曲線図、

【図9】本発明の液晶表示素子の1実施の形態を説明するもので、(a)は上基板画素形状の平面図、(b)は上基板の有効表示領域の平面図、(c)は下基板画素形状の平面図、(d)は下基板の有効表示領域の平面図、

【図10】本発明の他の実施の形態を説明するもので、

(a)は上基板画素形状の平面図、(b)は上基板の有効表示領域の平面図、(c)は下基板画素形状の平面図、(d)は下基板の有効表示領域の平面図、

【図11】本発明の他の実施の形態を説明するもので、

(a)は上基板画素形状の平面図、(b)は上基板の有効表示領域の平面図、(c)は下基板画素形状の平面図、(d)は下基板の有効表示領域の平面図、

【図12】本発明の他の実施の形態を説明するもので、

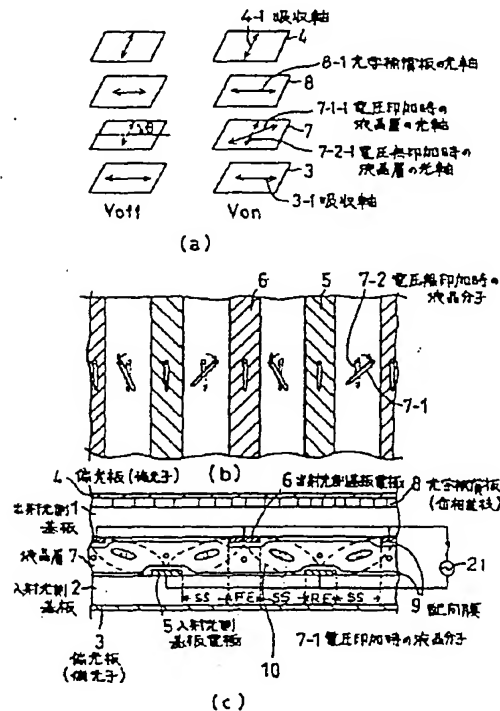
(a)は上基板画素形状の平面図、(b)は上基板の有効表示領域の平面図、(c)は下基板画素形状の平面図、(d)は下基板の有効表示領域の平面図、

【図13】(a)乃至(d)は本発明の作用を説明する略図。

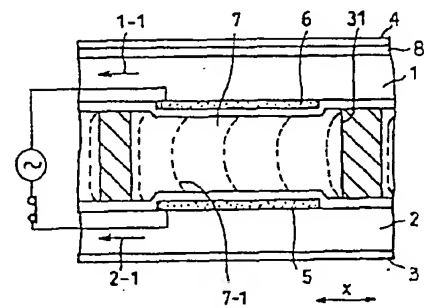
【符号の説明】

- 1、2…基板
- 3、4…偏光板
- 5、6…電極
- 7…液晶層
- 8…位相差板
- 5-2、6-2…導電体部
- 5-3、6-3…非導電体部

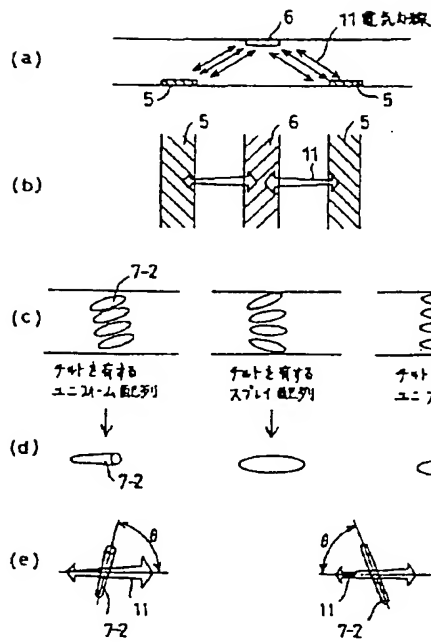
【図1】



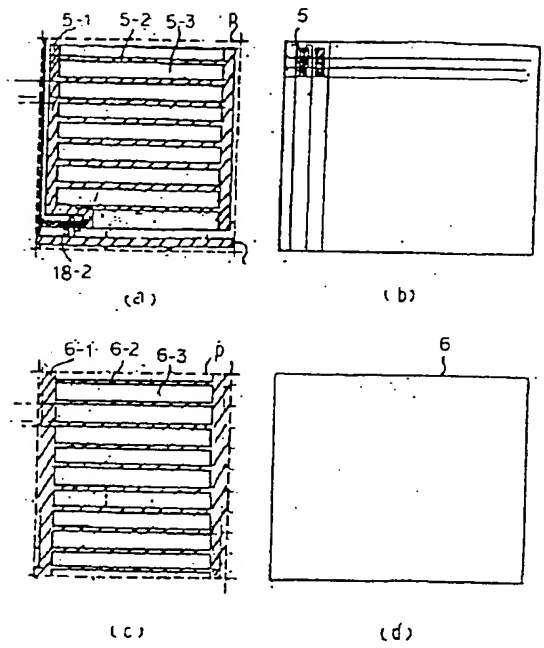
【図2】



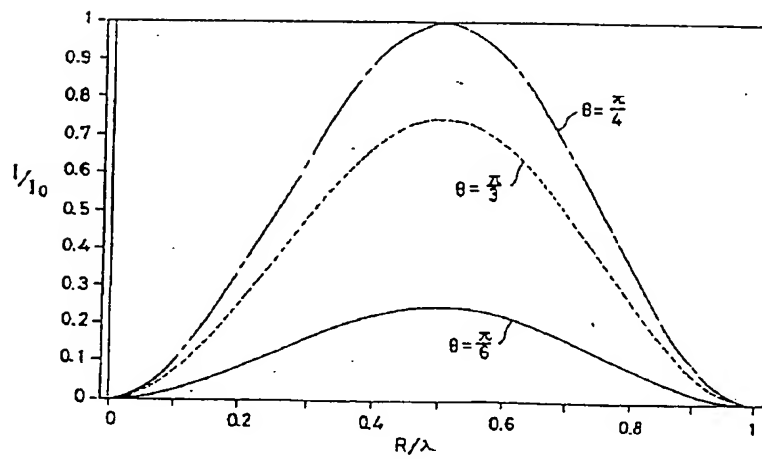
【図3】



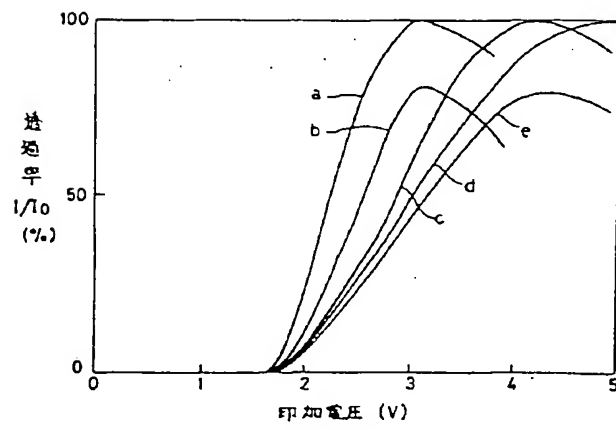
【図11】



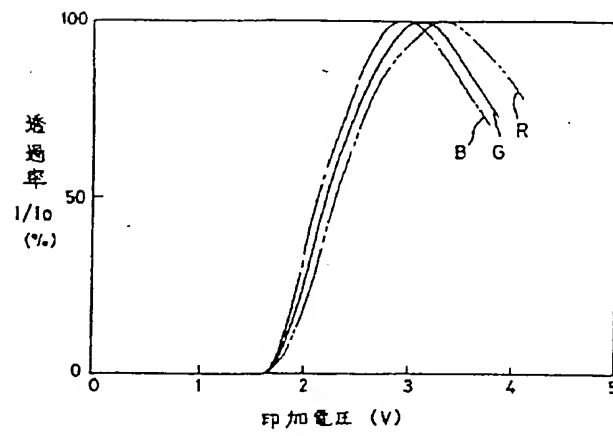
【図4】



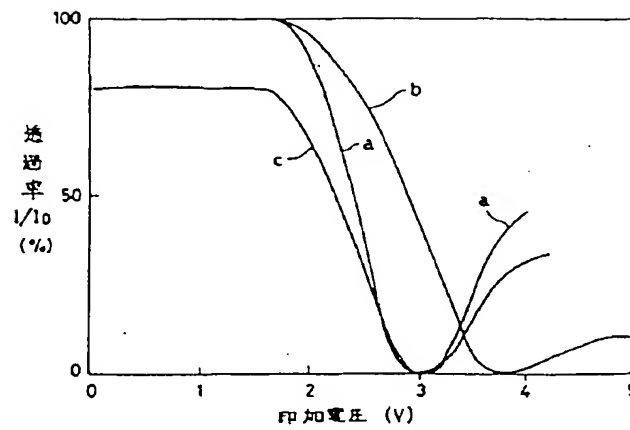
【図5】



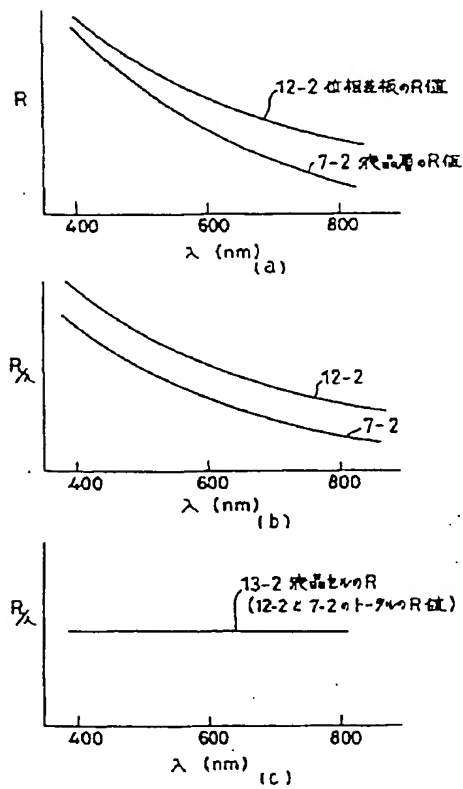
【図6】



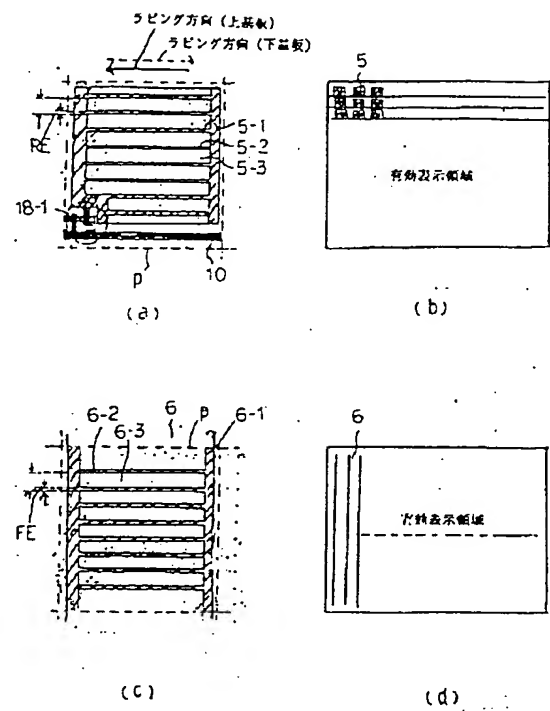
【図7】



【図8】

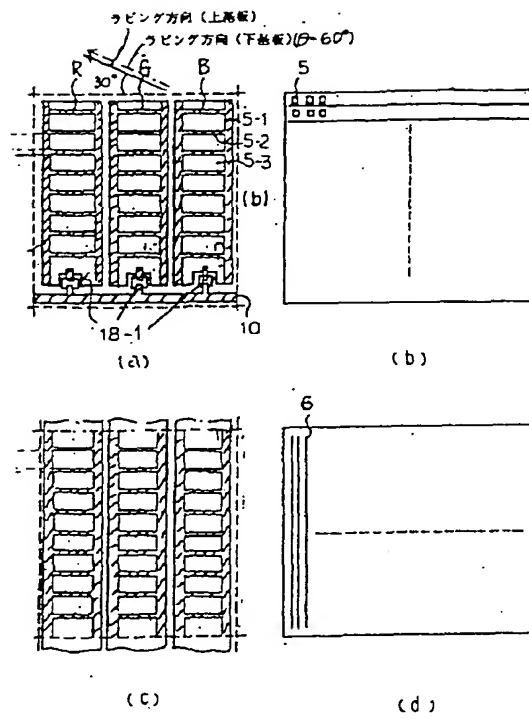


【図9】

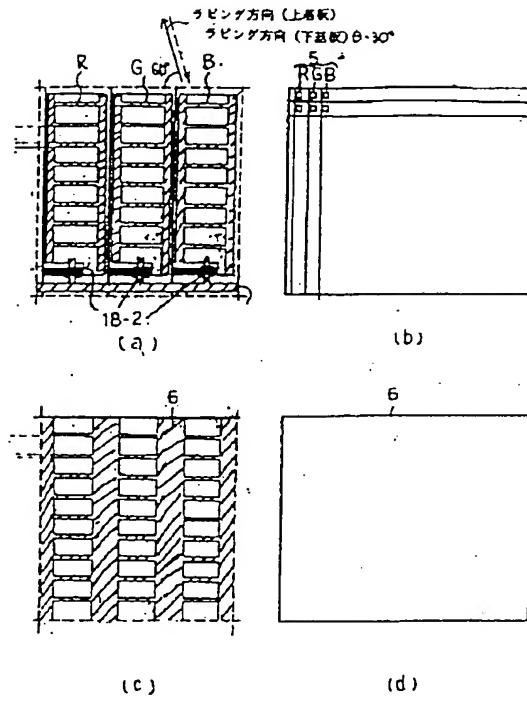




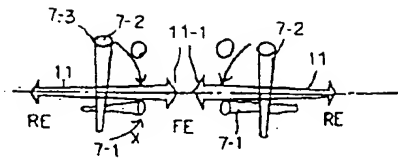
【図10】



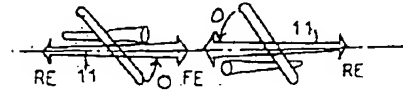
【図12】



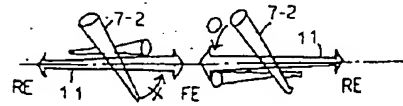
【図13】



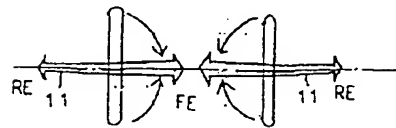
(a)



(b)



(c)



(d)

フロントページの続き

(72)発明者 羽藤 仁

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 佐藤 摩希子

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝横浜事業所内